

SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

Patent Number: JP2000196194
Publication date: 2000-07-14
Inventor(s): KANO TAKASHI; HAYASHI NOBUHIKO
Applicant(s): SANYO ELECTRIC CO LTD
Requested Patent: JP2000196194
Application Number: JP19980370898 19981225
Priority Number(s):
IPC Classification: H01S5/323; H01L33/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light-emitting device for preventing carriers injected into a luminous layer from overflowing and improving the optical symmetry in the vertical directions of the luminous layer.

SOLUTION: An n-carrier block layer 8 with a large band gap, consisting of BAIGaN or AlGaIn is provided between an n-light guide layer 7, that is made of BGaN or GAN and an n-MQW active layer 9 made of BInGAN or InGaIn. A p-carrier block layer 10 with a large band gap that is made of BAIGaN or AlGaIn is provided between the n-MQW active layer 9 and a p-light guide layer 11 that is made of BGaN or GaIn.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-196194
(P2000-196194A)

(43)公開日 平成12年7月14日(2000.7.14)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード*(参考)
H 0 1 S 5/323		H 0 1 S 3/18	6 7 3 5 F 0 4 1
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平10-370898

(22)出願日 平成10年12月25日(1998.12.25)

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 狩野 隆司

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72)発明者 林 伸彦

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(74)代理人 100098305

弁理士 福島 祥人

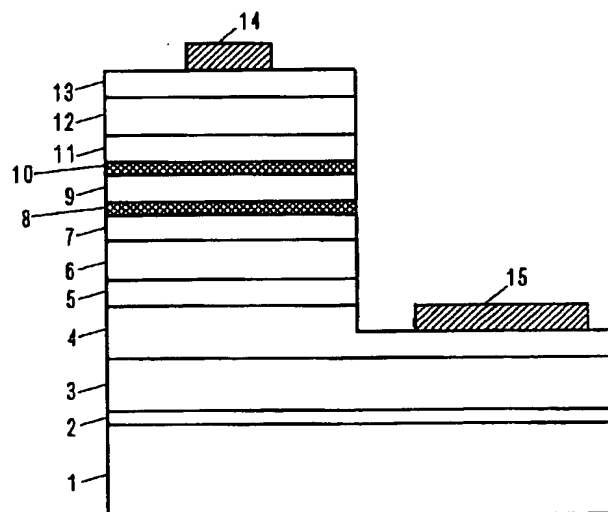
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体発光素子

(57)【要約】

【課題】 発光層に注入されたキャリアの溢れ出しが防止されかつ発光層の上下方向における光学的な対称性が向上された半導体発光素子を提供することである。

【解決手段】 B G a NまたはG a Nからなるn-光ガイド層7とB I n G a NまたはI n G a Nからなるn-MQW活性層9との間にB A l G a NまたはA l G a Nからなる大きなバンドギャップを有するn-キャリアブロック層8を設ける。n-MQW活性層9とB G a NまたはG a Nからなるp-光ガイド層11との間にB A l G a NまたはA l G a Nからなる大きなバンドギャップを有するp-キャリアブロック層10を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ホウ素、ガリウム、アルミニウムおよびインジウム少なくとも1つを含む窒化物系半導体により形成された半導体発光素子であって、第1のクラッド層、第1の光ガイド層、発光層、第2のクラッド層および第2の光ガイド層をこの順に含み、前記第1の光ガイド層と前記発光層との間に前記第1の光ガイド層よりも大きなバンドギャップを有する第1の層が設けられ、前記第2の光ガイド層と前記発光層との間に前記第2の光ガイド層よりも大きなバンドギャップを有する第2の層が設けられたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 ホウ素、ガリウム、アルミニウムおよびインジウム少なくとも1つを含む窒化物系半導体により形成された半導体発光素子であって、第1のクラッド層、発光層および第2のクラッド層をこの順に含み、前記第1のクラッド層と前記発光層との間に前記第1のクラッド層よりも大きなバンドギャップを有する第1の層が設けられ、前記第2のクラッド層と前記発光層との間に前記第2のクラッド層よりも大きなバンドギャップを有する第2の層が設けられたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項3】 前記第1の層および前記第2の層はホウ素またはアルミニウムを含有することを特徴とする請求項1または2記載の半導体発光素子。

【請求項4】 前記第1の層および前記第2の層はほぼ等しいバンドギャップを有することを特徴とする請求項1、2または3記載の半導体発光素子。

【請求項5】 ホウ素、ガリウム、アルミニウムおよびインジウム少なくとも1つを含む窒化物系半導体により形成された半導体発光素子であって、n型の第1のクラッド層、第1の光ガイド層、発光層、第2の光ガイド層およびp型の第2のクラッド層をこの順に含み、前記第1の光ガイド層と前記発光層との間にホウ素またはアルミニウムを含有する第1の層が設けられたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項6】 前記第2の光ガイド層と前記発光層との間にホウ素またはアルミニウムを含有する第2の層がさらに設けられたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項7】 ホウ素、ガリウム、アルミニウムおよびインジウム少なくとも1つを含む窒化物系半導体により形成された半導体発光素子であって、n型の第1のクラッド層、発光層およびp型の第2のクラッド層をこの順に含み、前記第1のクラッド層と前記発光層との間にホウ素またはアルミニウムを含有する第1の層が設けられたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項8】 前記第2のクラッド層と前記発光層との間にホウ素またはアルミニウムを含有する第2の層がさらに設けられたことを特徴とする請求項7記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、BN（窒化ホウ素）、GaN（窒化ガリウム）、AlN（窒化アルミニウム）もしくはInN（窒化インジウム）またはこれらの混晶等のIII-V族窒化物系半導体（以下、窒化物系半導体と呼ぶ）からなる半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、青色または紫色の光を発する発光ダイオード、半導体レーザー素子等の半導体発光素子として、GaN系半導体発光素子の実用化が進んできている。

【0003】 図9は従来のGaN系半導体レーザー素子の模式的断面図である。図9において、サファイア基板31上に、アンドープのGaNバッファ層32、n-GaN層34、n-InGaN層35、n-AlGaNクラッド層36、n-GaN光ガイド層37、InGaN多重量子井戸（MQW）活性層39が順に設けられている。

【0004】 さらに、活性層39上には、p-AlGaNキャリアブロック層40、p-GaN光ガイド層41、p-AlGaNクラッド層42およびp-GaNコンタクト層43が順に設けられている。

【0005】 p-GaNコンタクト層43からn-GaN層34までの一部領域がエッチングにより除去され、n-GaN層34が露出している。p-GaNコンタクト層43の上面にp電極44が形成され、n-GaN層34の露出した上面にn電極45が形成されている。

【0006】 図9の半導体レーザー素子において、n電極45から供給される電子（負のキャリア）は、n-GaN層34、n-InGaN層35、n-AlGaNクラッド層36、n-GaN光ガイド層37を介して活性層39に注入される。また、p電極44から供給される正孔（正のキャリア）は、p-GaNコンタクト層43、p-AlGaNクラッド層42、p-GaN光ガイド層41およびp-AlGaNキャリアブロック層40を介して活性層39に注入される。

【0007】 電子の有効質量は正孔の有効質量に比べて小さいため、活性層39に注入された電子はp電極44側に溢れ出しやすい。図9の半導体レーザー素子では、活性層39とp-GaN光ガイド層41との間に大きなバンドギャップを有するp-AlGaNキャリアブロック層40が設けられている。そのp-AlGaNキャリアブロック層40により、活性層39に注入された電子がp電極44側に溢れ出すことが阻止される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記の従来の半導体レーザー素子においては、活性層39とp-GaN光ガイド層41との間にp-AlGaNキャリアブロック層40が設けられたことにより、活性層39を中心としてn-GaN光ガイド層37およびn-AlG

nクラッド層36の側と、p-GaN光ガイド層41およびp-AlGaNクラッド層42の側とで、光学的な非対称性が生じる。そのため、ビーム広がり角の対称性等の光学的特性が悪くなる。

【0009】また、GaNの成長温度は約1000℃であるが、InGaNは熱分解しやすいため約800℃で成長させる必要がある。そのため、上記の従来の半導体レーザ素子の製造の際には、n-GaN光ガイド層37を基板温度約1000℃で成長させた後、基板温度を約800℃に低下させてInGaNからなる活性層39を成長させる。基板温度が約1000℃から約800℃まで低下するまでの間は、反応室内にNH₃、H₂およびN₂のみを供給する。この場合、基板温度が約800℃まで低下するまでの数分間の間、高温状態でn-GaN光ガイド層37の表面がエッチングされ、結晶性が劣化する。その結果、n-GaN光ガイド層37上に形成される活性層39の界面状態が悪くなる。

【0010】本発明の目的は、発光層からのキャリアの溢れ出しが防止されかつ発光層の上下方向における光学的な対称性が向上された半導体発光素子を提供することである。

【0011】本発明の他の目的は、発光層の界面状態が改善された半導体発光素子を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明に係る半導体発光素子は、ホウ素、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体により形成された半導体発光素子であって、第1のクラッド層、第1の光ガイド層、発光層、第2の光ガイド層および第2のクラッド層をこの順に含み、第1の光ガイド層と発光層との間に第1の光ガイド層よりも大きなバンドギャップを有する第1の層が設けられ、第2の光ガイド層と発光層との間に第2の光ガイド層よりも大きなバンドギャップを有する第2の層が設けられたものである。

【0013】本発明に係る半導体発光素子においては、第1の光ガイド層と発光層との間に第1の光ガイド層よりも大きなバンドギャップを有する第1の層が設けられているので、第2の光ガイド層側から発光層に注入されたキャリアが第1の光ガイド層側に漏れ出すことが防止される。また、第2の光ガイド層と発光層との間に第2の光ガイド層よりも大きなバンドギャップを有する第2の層が設けられているので、第1の光ガイド層側から発光層に注入されたキャリアが第2の光ガイド層側に漏れ出すことが防止される。したがって、動作電流の低減化が図られる。

【0014】また、発光層と第1の光ガイド層との間に第1の層が設けられかつ発光層と第2の光ガイド層との間に第2の層が設けられているので、発光層の上下方向における光学的な対称性が向上する。したがって、発光

特性が良好となる。

【0015】第2の発明に係る半導体発光素子は、ホウ素、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体により形成された半導体発光素子であって、第1のクラッド層、発光層および第2のクラッド層をこの順に含み、第1のクラッド層と発光層との間に第1のクラッド層よりも大きなバンドギャップを有する第1の層が設けられ、第2のクラッド層と発光層との間に第2のクラッド層よりも大きなバンドギャップを有する第2の層が設けられたものである。

【0016】本発明に係る半導体発光素子においては、第1のクラッド層と発光層との間に第1のクラッド層よりも大きなバンドギャップを有する第1の層が設けられているので、第2のクラッド層側から発光層に注入されたキャリアが第1のクラッド層側に漏れ出すことが防止される。また、第2のクラッド層と発光層との間に第2のクラッド層よりも大きなバンドギャップを有する第2の層が設けられているので、第1のクラッド層側から発光層に注入されたキャリアが第2のクラッド層側に漏れ出すことが防止される。したがって、動作電流の低減化が図られる。

【0017】また、発光層と第1のクラッド層との間に第1の層が設けられかつ発光層と第2のクラッド層との間に第2の層が設けられているので、発光層の上下方向における光学的な対称性が向上する。したがって、発光特性が良好となる。

【0018】第1の層および第2の層がホウ素またはアルミニウムを含有することが好ましい。それにより、第1の層および第2の層が熱的に安定になる。その結果、第1の層と第2の層との間に挟まれる発光層の界面状態が改善され、素子特性の向上が図られる。

【0019】発光層はガリウムおよびインジウムを含んでもよく、さらにホウ素を含んでもよい。また、第1の光ガイド層および第2の光ガイド層はガリウムを含んでもよく、さらにホウ素を含んでもよい。さらに、第1のクラッド層および第2のクラッド層はガリウムおよびアルミニウムを含んでもよく、さらにホウ素を含んでもよい。

【0020】第1の層および第2の層はほぼ等しいバンドギャップを有することが好ましい。それにより、発光層の上下方向における光学的な対称性がより高くなる。

【0021】第3の発明に係る半導体発光素子は、ホウ素、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体により形成された半導体発光素子であって、n型の第1のクラッド層、第1の光ガイド層、発光層、第2の光ガイド層およびp型の第2のクラッド層をこの順に含み、第1の光ガイド層と発光層との間にホウ素またはアルミニウムを含有する第1の層が設けられたものである。

【0022】第1の層はホウ素またはアルミニウムを含

有するので、熱的に安定となる。本発明に係る半導体発光素子においては、第1の光ガイド層と発光層との間に熱的に安定な第1の層が設けられているので、発光層を形成する際に、第1の光ガイド層の表面の結晶性が劣化することが防止される。したがって、第1の光ガイド層側の発光層の界面状態が改善され、素子特性が向上する。

【0023】第2の光ガイド層と発光層との間にホウ素またはアルミニウムを含有する第2の層がさらに設けられてもよい。

【0024】この場合、第2の層はホウ素またはアルミニウムを含有するので、熱的に安定となる。第2の光ガイド層と発光層との間に熱的に安定な第2の層が設けられているので、第2の光ガイド層を形成する際に、発光層の表面の結晶性が劣化することが防止される。したがって、第2の光ガイド層側の発光層の界面状態が改善され、素子特性がさらに向上する。

【0025】また、発光層の両面が第1の層と第2の層とで挟まれているので、発光層の上下方向における光学特性の対称性が向上する。

【0026】第4の発明に係る半導体発光素子は、ホウ素、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含む窒化物系半導体により形成された半導体発光素子であって、 n 型の第1のクラッド層、発光層および p 型の第2のクラッド層をこの順に含み、第1のクラッド層と発光層との間にホウ素またはアルミニウムを含有する第1の層が設けられたものである。

【0027】第1の層はホウ素またはアルミニウムを含有するので、熱的に安定となる。本発明に係る半導体発光素子においては、第1のクラッド層と発光層との間に熱的に安定な第1の層が設けられているので、発光層を形成する際に、第1のクラッド層の表面の結晶性が劣化することが防止される。したがって、第1のクラッド層側の発光層の界面状態が改善され、素子特性が向上する。

【0028】第2のクラッド層と発光層との間にホウ素またはアルミニウムを含有する第2の層がさらに設けられてもよい。

【0029】この場合、第2の層はホウ素またはアルミニウムを含有するので、熱的に安定となる。第2のクラッド層と発光層との間に熱的に安定な第2の層が設けられているので、第2のクラッド層を形成する際に、発光層の表面の結晶性が劣化することが防止される。したがって、第2のクラッド層側の発光層の界面状態が改善され、素子特性がさらに向上する。

【0030】また、発光層の両面が第1の層と第2の層とで挟まれているので、発光層の上下方向における光学特性の対称性が向上する。

【0031】

【発明の実施の形態】 (1) 第1の実施例

図1は本発明の第1の実施例におけるGa_{0.4}N系半導体レーザ素子の模式的断面図である。また、図2は図1の半導体レーザ素子の主要部のエネルギーバンド図である。

【0032】図1に示すように、サファイア基板1上に、厚さ200ÅのアンドープのBa_{0.1}GaNからなる低温パッファ層2、厚さ4.5μmのアンドープのBGaN層3、厚さ4.5μmの n -BGaN層4、および厚さ0.25μmの n -クラック防止層5が順に形成されている。 n -クラック防止層5は、厚さ60ÅのBa_{0.1}GaNおよび厚さ60ÅのGa_{0.4}Nが21対交互に積層されてなる。

【0033】 n -クラック防止層5上には、厚さ1μmのBa_{0.1}GaNからなる n -クラッド層6、厚さ0.1μmのBGaNからなる n -光ガイド層7、および厚さ200ÅのBa_{0.1}GaNからなる n -キャリアブロック層8が順に形成されている。 n -キャリアブロック層8上には、BInGaNからなる n -多重量子井戸活性層(以下、MQW活性層と呼ぶ)9が形成されている。 n -MQW活性層9は、図2のエネルギーバンド図に示すように、厚さ50Åの4つのBInGaN量子障壁層91と厚さ20Åの3つのBInGaN量子井戸層92とが交互に積層されてなる多重量子井戸構造を有する。

【0034】 n -MQW活性層9上には、厚さ200ÅのBa_{0.1}GaNからなる p -キャリアブロック層10、厚さ0.1μmのBGaNからなる p -光ガイド層11、厚さ0.8μmのBa_{0.1}GaNからなる p -クラッド層12および厚さ0.05μmのBGaNからなる p -コンタクト層13が順に形成されている。

【0035】 p -コンタクト層13から n -BGaN層4までの一部領域がエッチングにより除去され、 n -BGaN層4が露出している。 p -コンタクト層13上に p 電極14が形成され、 n -BGaN層4の露出した上面に n 電極15が形成されている。

【0036】図1の半導体レーザ素子は、例えばMOCVD(有機金属化学的気相成長)法により形成される。表1に図1の半導体レーザ素子の各層2~13の組成、膜厚および成長温度を示す。

【0037】

【表1】

各層の名称	組 成	膜 厚	成長温度 [°C]
低温バッファ層	B _{0.1} A ₁ 0.4Ga _{0.5} N	200 Å	600
BGaN層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	4.5 μm	1080
n-BGaN層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	4.5 μm	1080
クラック防止層	B _{0.05} A ₁ 0.02Ga _{0.93} N /Ga _{0.93} N	0.25 μm	1080
n-クラッド層	B _{0.02} A ₁ 0.05Ga _{0.93} N	1 μm	1080
n-光ガイド層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	0.1 μm	1080
n-キャリアブロック層	B _{0.05} A ₁ 0.2Ga _{0.75} N	200 Å	1080
量子障壁層	B _{0.02} In _{0.05} Ga _{0.93} N	50 Å	800
量子井戸層	B _{0.02} In _{0.15} Ga _{0.83} N	20 Å	800
p-キャリアブロック層	B _{0.05} A ₁ 0.2Ga _{0.75} N	200 Å	800
p-光ガイド層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	0.1 μm	1080
p-クラッド層	B _{0.02} A ₁ 0.05Ga _{0.93} N	0.8 μm	1080
p-コンタクト層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	0.05 μm	1080

【0038】 n型ドーパントとしてはSiが用いられ、p型ドーパントとしてはMgが用いられる。表1に示すように、低温バッファ層2の成長温度は600℃であり、BGaN層3、n-BGa_{0.98}N層4、n-クラック防止層5、n-クラッド層6、n-光ガイド層7、n-キャリアブロック層8、p-光ガイド層11、p-クラッド層12およびp-コンタクト層13の成長温度は1080℃である。また、n-MQW活性層9およびp-キャリアブロック層10の成長温度は800℃である。

【0039】 低温バッファ層2の成長時には、原料ガスとしてTMG（トリメチルガリウム）、TMA（トリメチルアルミニウム）、NH₃ およびB₂H₄を用いる。BGaN層3の成長時には、原料ガスとしてTMG、NH₃ およびB₂H₄を用いる。n-BGa_{0.98}N層4およびn-光ガイド層7の成長時には、原料ガスとしてTMG、NH₃ およびB₂H₄を用い、ドーパントガスとしてSiH₄を用いる。n-クラッド層5、n-クラッド層6およびn-キャリアブロック層8の成長時には、原料ガスとしてTMG、TMA、NH₃ およびB₂H₄を用い、ドーパントガスとしてSiH₄を用いる。

【0040】 n-MQW活性層9の成長時には、原料ガスとしてTEG（トリエチルガリウム）、TMI（トリメチルインジウム）、NH₃ およびB₂H₄を用い、ドーパントガスとしてSiH₄を用いる。p-キャリアブロック層10およびp-クラッド層12の成長時には、原料ガスとしてTMG、TMA、NH₃ およびB₂H₄を用い、ドーパントガスとしてCp₂Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用いる。p-光ガイド層1

1およびp-コンタクト層13の成長時には、原料ガスとしてTMG、NH₃ およびB₂H₄を用い、ドーパントガスとしてCp₂Mgを用いる。

【0041】 n-MQW活性層9の屈折率は、n-クラッド層6およびp-クラッド層12の屈折率よりも高く、n-光ガイド層8およびp-光ガイド層10の屈折率は、n-MQW活性層9の屈折率よりも低くかつn-クラッド層6およびp-クラッド層12の屈折率よりも高い。

【0042】 また、図2に示すように、n-光ガイド層7およびp-光ガイド層11のバンドギャップは、n-MQW活性層9のバンドギャップよりも大きい。n-クラッド層6およびp-クラッド層12のバンドギャップは、n-光ガイド層7およびp-光ガイド層11のバンドギャップよりも大きい。また、n-キャリアブロック層8およびp-キャリアブロック層10のバンドギャップは、n-光ガイド層7およびp-光ガイド層11のバンドギャップよりも大きい。本実施例では、n-キャリアブロック層8およびp-キャリアブロック層10のバンドギャップは等しく設定されている。

【0043】 なお、n-キャリアブロック層8およびp-キャリアブロック層10はBおよびAlを含むBA₁GaNにより形成されているので、熱的に安定である。

【0044】 本実施例の半導体レーザ素子においては、n-MQW活性層9とn-光ガイド層7との間に大きなバンドギャップを有するn-キャリアブロック層8が設けられているので、p-光ガイド層11側からn-MQW活性層9に注入された正孔がn-クラッド層6側に溢

れ出すことが防止される。また、 n -MQW活性層9と p -光ガイド層11との間に大きなバンドギャップを有する p -キャリアブロック層10が設けられているので、 n -光ガイド層7側から n -MQW活性層9に注入された電子が p -クラッド層12側に溢れ出すことが防止される。それにより、しきい値電流および動作電流の低減化が図られる。

【0045】また、 n -MQW活性層9の上下にそれぞれ n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10が設けられているので、 n -MQW活性層9の上下方向における光学的な対称性が向上する。したがって、ビーム広がり角の対称性等のレーザ特性が向上する。

【0046】さらに、 n -MQW活性層9の両面が熱的に安定な n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10で挟まれているので、 n -MQW活性層9の界面状態が改善される。その結果、電流-光出力特性等のレーザ特性が向上する。

【0047】(2) 第2の実施例

図3は本発明の第2の実施例におけるGa_{0.5}N系半導体レーザ素子の模式的断面図である。また、図4は図3の半導体レーザ素子の主要部のエネルギーバンド図である。

【0048】図3の半導体レーザ素子が図1の半導体レーザ素子と異なるのは、図1の n -光ガイド層7および p -光ガイド層11が設けられていない点である。図3の半導体レーザ素子の他の部分の構成および製造方法は、図1の半導体レーザ素子の構成および製造方法と同様である。

【0049】図4に示すように、 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10のバンドギャップは、 n -MQW活性層9、 n -クラッド層6および p -クラッド層12のバンドギャップよりも大きい。本実施例では、 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10のバンドギャップは等しく設定されている。

【0050】本実施例の半導体レーザ素子においては、 n -MQW活性層9と n -クラッド層6との間に大きなバンドギャップを有する n -キャリアブロック層8が設けられているので、 p -クラッド層12側から n -MQW活性層9に注入された正孔が n -クラッド層6側に溢れ出すことが防止される。また、 n -MQW活性層9と p -クラッド層12との間に大きなバンドギャップを有する p -キャリアブロック層10が設けられているので、 n -クラッド層6側から n -MQW活性層9に注入された電子が p -クラッド層12側に溢れ出すことが防止される。それにより、しきい値電流および動作電流の低減化が図られる。

【0051】また、 n -MQW活性層9の上下にそれぞれ n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10が設けられているので、 n -MQW活性層9の

上下方向における光学的な対称性が向上する。したがって、ビーム広がり角の対称性等のレーザ特性が向上する。

【0052】さらに、 n -MQW活性層9の両面が熱的に安定な n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10で挟まれているので、 n -MQW活性層9の界面状態が改善される。その結果、電流-光出力特性等のレーザ特性が向上する。

【0053】(3) 第3の実施例

図5は本発明の第3の実施例におけるGa_{0.5}N系半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【0054】図5に示すように、Ga_{0.5}N基板等の導電性基板21上に、低温バッファ層2、 n -BGaN層4、 n -クラッド防止層5、 n -クラッド層6、 n -光ガイド層7、 n -キャリアブロック層8、 n -MQW活性層9、 p -キャリアブロック層10、 p -光ガイド層11、 p -クラッド層12および p -コンタクト層13が順に形成されている。 p -コンタクト層13上に p 電極14が形成され、導電性基板21の裏面に n 電極15が形成されている。図5の半導体レーザ素子では、図1の半導体レーザ素子のBGaN層3は設けられていない。

【0055】図5の半導体レーザ素子の各層2、4~13の組成、膜厚および成長条件は、図1の半導体レーザ素子の各層2、4~13の組成、膜厚および成長条件と同様である。

【0056】本実施例の半導体レーザ素子においては、 n -MQW活性層9と n -光ガイド層7との間に n -キャリアブロック層8が設けられ、かつ n -MQW活性層9と p -光ガイド層11との間に p -キャリアブロック層10が設けられているので、 n -MQW活性層9に注入された電子および正孔の溢れ出しが防止され、しきい値電流および動作電流の低減化が図られる。

【0057】また、 n -MQW活性層9の上下にそれぞれ n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10が設けられているので、 n -MQW活性層9の上下方向における光学的な対称性が向上し、ビーム広がり角の対称性等のレーザ特性が向上する。

【0058】さらに、 n -MQW活性層9の両面が熱的に安定な n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10で挟まれているので、 n -MQW活性層9の界面状態が改善され、電流-光出力特性等のレーザ特性が向上する。

【0059】(4) 第4の実施例

図6は本発明の第4の実施例におけるGa_{0.5}N系発光ダイオードの模式的断面図である。

【0060】図6の発光ダイオードが図1の半導体レーザ素子と異なるのは次の点である。図1の n -光ガイド層7および p -光ガイド層11は設けられていない。また、図1の n -クラッド層6の代わりに厚さ0.15 μ mのBa_{0.1}GaNからなる n -クラッド層6aが設けら

れ、図1のp-クラッド層12の代わりに厚さ0.15 μm のBAlGaInからなるp-クラッド層12aが設けられている。n-クラッド層6aおよびp-クラッド層12aの組成および成長条件は、図1のn-クラッド層6およびp-クラッド層12の組成および成長条件と同様である。

【0061】本実施例の発光ダイオードにおいても、n-MQW活性層9とn-クラッド層6aとの間にn-キャリアブロック層8が設けられ、かつn-MQW活性層9とp-クラッド層12aとの間にp-キャリアブロック層10が設けられているので、n-MQW活性層9に注入された電子および正孔が溢れ出すことが防止され、動作電流の低減化が図られる。

【0062】また、n-MQW活性層9の上下にそれぞれn-キャリアブロック層8およびp-キャリアブロック層10が設けられているので、n-MQW活性層9の

上下方向における光学的な対称性が向上し、発光特性が向上する。

【0063】さらに、n-MQW活性層9の両面が熱的に安定なn-キャリアブロック層8およびp-キャリアブロック層10で挟まれているので、n-MQW活性層9の界面状態が改善され、電流-光出力特性等の素子特性が向上する。

【0064】(5) 第5の実施例

次に、本発明の第5の実施例におけるGaIn系半導体レーザ素子について説明する。

【0065】本実施例の半導体レーザ素子の構成は、各層の材料を除いて図1の半導体レーザ素子の構成と同様である。表2に本実施例の半導体レーザ素子の各層の組成、膜厚および成長温度を示す。

【0066】

【表2】

各層の名称	組 成	膜 厚	成長温度 [°C]
低温バッファ層	Al _{0.5} Ga _{0.5} N	200 Å	600
BGaIn層	GaIn	4.5 μm	1080
n-BGaIn層	GaIn	4.5 μm	1080
クラック防止層	Al _{0.07} Ga _{0.93} N /GaIn	0.25 μm	1080
n-クラッド層	Al _{0.07} Ga _{0.93} N	1 μm	1080
n-光ガイド層	GaIn	0.1 μm	1080
n-キャリアブロック層	Al _{0.2} Ga _{0.8} N	200 Å	1080
量子障壁層	In _{0.05} Ga _{0.95} N	50 Å	800
量子井戸層	In _{0.13} Ga _{0.87} N	20 Å	800
p-キャリアブロック層	Al _{0.2} Ga _{0.8} N	200 Å	800
p-光ガイド層	GaIn	0.1 μm	1080
p-クラッド層	Al _{0.07} Ga _{0.93} N	1 μm	1080
p-コンタクト層	GaIn	0.05 μm	1080

【0067】表2に示すように、低温バッファ層2はAlGaInからなり、BGaIn層3の代わりにアンドープのGaIn層が設けられ、n-BGaIn層4の代わりにn-GaIn層が設けられている。クラック防止層5は厚さ60 ÅのAlGaInと厚さ60 ÅのGaInとが21対交互に積層されてなり、n-クラッド層6はAlGaInからなり、n-光ガイド層7はGaInからなり、n-キャリアブロック層8はAlGaInからなる。

【0068】また、n-MQW活性層9は、厚さ50 Åの4つのInGaIn量子障壁層と厚さ20 Åの3つのInGaIn量子井戸層とが交互に積層されてなる。さらに、p-キャリアブロック層10はAlGaInからな

り、p-光ガイド層10はGaInからなり、p-クラッド層12はAlGaInからなり、p-コンタクト層13はGaInからなる。

【0069】低温バッファ層2の成長時には、原料ガスとしてTMG、TMAおよびNH₃を用いる。GaIn層の成長時には、原料ガスとしてTMGおよびNH₃を用いる。n-GaIn層およびn-光ガイド層7の成長時には、原料ガスとしてTMGおよびNH₃を用い、ドーパントガスとしてSiH₄を用いる。n-クラック防止層5、n-クラッド層6およびn-キャリアブロック層8の成長時には、原料ガスとしてTMG、TMAおよびNH₃を用い、ドーパントガスとしてSiH₄を用いる。

【0070】 n-MQW活性層9の成長時には、原料ガスとしてTEG、TMIおよびNH₃を用い、ドーパントガスとしてSiH₄を用いる。p-キャリアブロック層10およびp-クラッド層12の成長時には、原料ガスとしてTMG、TMAおよびNH₃を用い、ドーパントガスとしてCp₂Mgを用いる。p-光ガイド層11およびp-コンタクト層13の成長時には、原料ガスとしてTMGおよびNH₃を用い、ドーパントガスとしてCp₂Mgを用いる。

【0071】 本実施例の半導体レーザ素子においても、図1の半導体レーザ素子と同様の効果が得られる。

【0072】 (6) 第6の実施例

次に、本発明の第6の実施例におけるGaN系発光ダイオードについて説明する。

【0073】 本実施例の発光ダイオードの構成は、各層の材料を除いて図6の発光ダイオードの構成と同様である。

【0074】 また、本実施例の発光ダイオードの各層の

組成、膜厚および成長条件は、n-クラッド層6aの膜厚およびp-クラッド層12aの組成および膜厚を除いて第6の実施例の半導体レーザ素子の対応する層の組成、膜厚および成長条件と同様である。n-クラッド層6aの膜厚は0.15μmであり、p-クラッド層12aの組成はAl_{0.1}Ga_{0.9}Nであり、膜厚は0.15μmである。

【0075】 本実施例の発光ダイオードにおいても、図6の発光ダイオードと同様の効果が得られる。

【0076】 (7) 第7の実施例

次に、本発明の第7の実施例におけるGaN系半導体レーザ素子について説明する。

【0077】 本実施例の半導体レーザ素子の構成は、各層の材料を除いて図1の半導体レーザ素子の構成と同様である。表3に本実施例の半導体レーザ素子の各層の組成、膜厚および成長温度を示す。

【0078】

【表3】

各層の名称	組 成	膜 厚	成長温度 [℃]
低温バッファ層	B _{0.5} Ga _{0.5} N	200Å	600
BGaN層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	4.5μm	1080
n-BGaN層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	4.5μm	1080
クラック防止層	B _{0.07} Ga _{0.93} N /GaN	0.25μm	1080
n-クラッド層	B _{0.07} Ga _{0.93} N	1μm	1080
n-光ガイド層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	0.1μm	1080
n-キャリアブロック層	B _{0.2} Ga _{0.8} N	200Å	1080
量子障壁層	B _{0.02} In _{0.05} Ga _{0.93} N	50Å	800
量子井戸層	B _{0.02} In _{0.15} Ga _{0.83} N	20Å	800
p-キャリアブロック層	B _{0.2} Ga _{0.8} N	200Å	800
p-光ガイド層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	0.1μm	1080
p-クラッド層	B _{0.07} Ga _{0.93} N	0.8μm	1080
p-コンタクト層	B _{0.02} Ga _{0.98} N	0.05μm	1080

【0079】 表3に示すように、低温バッファ層2、BGaN層3、n-BGaN層4、n-光ガイド層7、n-MQW活性層9、p-光ガイド層11およびp-コンタクト層13の組成、膜厚および成長条件は図1の半導体レーザ素子と同様である。

【0080】 n-クラック防止層5は、厚さ60ÅのBGaNと厚さ60ÅのGaNとが21対交互に積層されてなる。n-クラッド層6は厚さ1μmのBGaNからなり、n-キャリアブロック層8は厚さ200ÅのBGaNからなる。p-キャリアブロック層10は厚さ20

0ÅのBGaNからなり、p-クラッド層12は厚さ0.8μmのBGaNからなる。

【0081】 n-クラック防止層5およびn-キャリアブロック層8の成長時には、原料ガスとしてTMG、NH₃およびB₂H₄を用い、ドーパントガスとしてSiH₄を用いる。p-キャリアブロック層10およびp-クラッド層12の成長時には、原料ガスとしてTMG、NH₃およびB₂H₄を用い、ドーパントガスとしてCp₂Mgを用いる。

【0082】 本実施例の半導体レーザ素子においても、

図1の半導体レーザ素子と同様の効果が得られる。

【0083】なお、上記第1および第3～第7の実施例では、 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10のバンドギャップを n -クラッド層6および p -クラッド層12のバンドギャップよりも大きく設定しているが、図7に示すように、 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10のバンドギャップを n -クラッド層6および p -クラッド層12のバンドギャップと等しく設定してもよい。また、図8に示すように、 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10のバンドギャップを n -クラッド層6および p -クラッド層12のバンドギャップよりも小さく設定してもよい。

【0084】なお、光学的な対称性を十分に向上させるためには、 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10のバンドギャップをほぼ等しく設定することが好ましいが、光学的な対称性が厳密に要求されない場合には、 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10のバンドギャップが異なってもよい。

【0085】また、 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10の組成は上記実施例に限定されない。 n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10の組成は $B_x A_{1-y} I n_z G a_{1-x-y-z} N$ に設定する。ここで、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ および $0 \leq z \leq 1$ である。

【0086】なお、上記実施例では、 n -MQW活性層9、9aの両面が n -キャリアブロック層8および p -キャリアブロック層10で挟まれているが、 n -MQW活性層9、9aの上下方向における光学的な対称性が要求されない場合には、 n -キャリアブロック層8のみを設けてもよい。この場合にも、 n -MQW活性層9、9aの界面状態が改善される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例におけるGa_{0.5}N系半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【図2】図1の半導体レーザ素子の主要部のエネルギーバンド図である。

【図3】本発明の第2の実施例におけるGa_{0.5}N系半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【図4】図3の半導体レーザ素子の主要部のエネルギーバンド図である。

【図5】本発明の第3の実施例におけるGa_{0.5}N系半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【図6】本発明の第4の実施例におけるGa_{0.5}N系発光ダイオードの模式的断面図である。

【図7】 n -キャリアブロック層および p -キャリアブロック層のバンドギャップの大きさの他の例を示すエネルギーバンド図である。

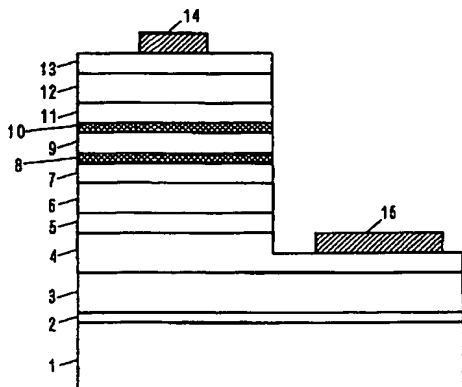
【図8】 n -キャリアブロック層および p -キャリアブロック層のバンドギャップの大きさのさらに他の例を示すエネルギーバンド図である。

【図9】従来のGa_{0.5}N系半導体レーザ素子の模式的断面図である。

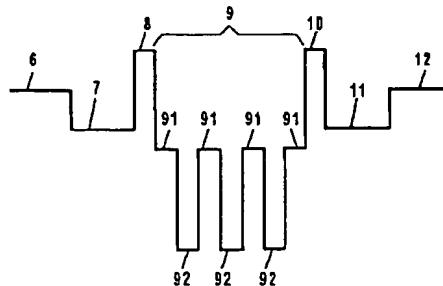
【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 6, 6a n -クラッド層
- 7 n -光ガイド層
- 8 n -キャリアブロック層
- 9 n -MQW活性層
- 10 p -キャリアブロック層
- 11 p -光ガイド層
- 12 p -クラッド層
- 14 p 電極
- 15 n 電極
- 21 導電性基板

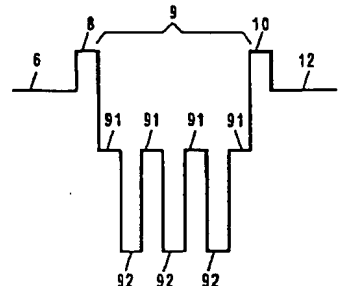
【図1】



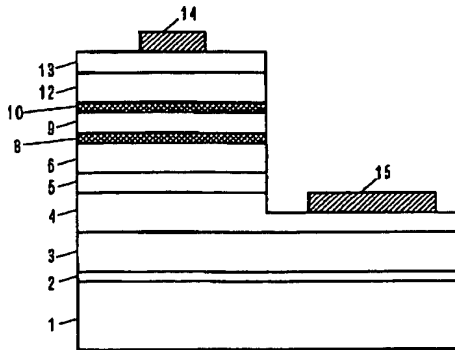
【図2】



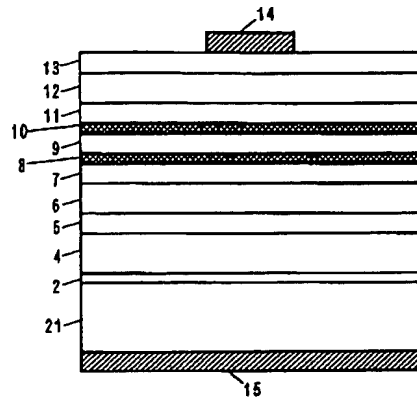
【図4】



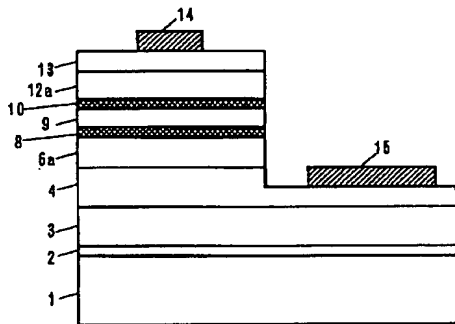
【図 3】



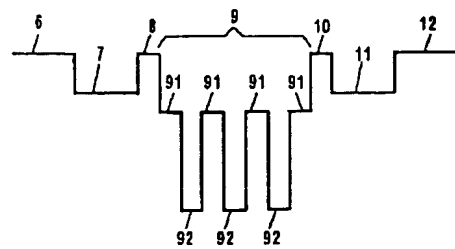
【図 5】



【図 6】

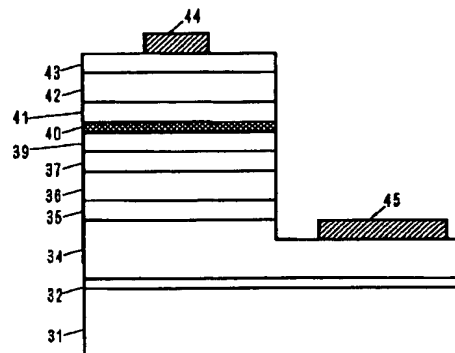
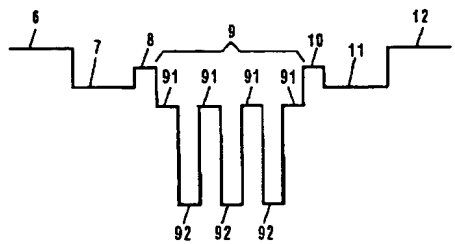


【図 7】



【図 9】

【図 8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA40 CA04 CA05 CA14
CA34 CA40 CA46 CA65
5F073 AA04 AA45 AA51 AA55 AA71
AA74 CA07 CA17 CB05 CB07
EA23 EA29